

netDesign: landmeetkundig meetontwerp voor snapshots

Een simulatieprogramma voor terrestrische fotogrammetrie van gebouwen

Fotogrammetrische kartering van onze omgeving gebeurt momenteel op grote schaal en met een zeer hoge resolutie. De toegankelijkheid van mobile mapping en luchtopnames vanuit onbemande vliegtuigen heeft bij deze ontwikkeling een belangrijke rol vervuld. De fotogrammetrische verwerking van zulke opnames gebeurt semi-automatisch door het toepassen van algoritmes uit de computer visie. Zo kunnen in korte tijd grote projecten worden gerealiseerd. Deze technologie is ook geschikt voor gedetailleerde situatiebeschrijvingen of het opmeten van gebouwen. Het simulatieprogramma netDesign toont dit aan en maakt het mogelijk een kwalitatief inzicht te verwerven in de grondslag van terrestrische fotogrammetrie.

Door Bas Altena

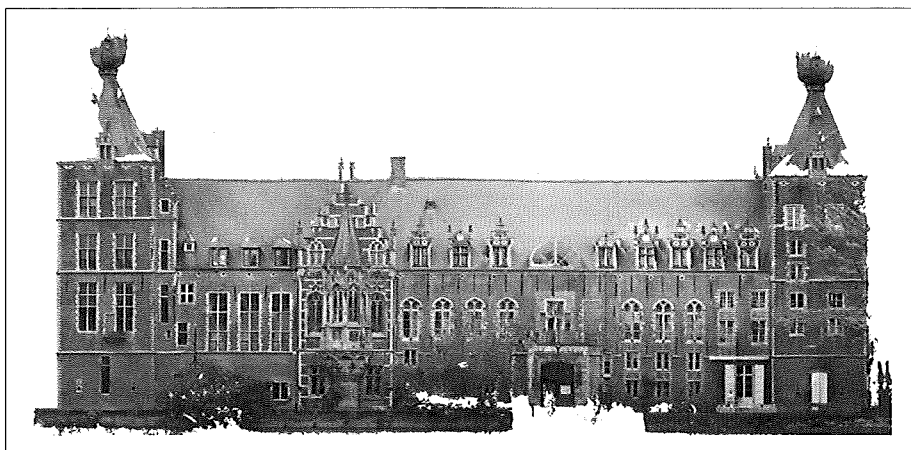
Terrestrische fotogrammetrie is de afgelopen jaren uitgegroeid tot een volwassen toegankelijke meetmethode. Maar om deze technologie volwaardig te accepteren naast landmeetkundige instrumenten met een bewezen reputatie moeten nog enkele fundamentele principes worden opgehelderd. Er bestaan verschillende online portals die uit een willekeurige verzameling foto's automatisch objecten kunnen reconstrueren zoals ARC3D [1] (Vergauwen & Van Gool, 2006). Een voorbeeld van een reconstructie hiermee is weergegeven in figuur 1.

De resulterende reconstructie bestaat uit een puntenwolk of samenvoeging van driehoeken. Hieruit is de nauwkeurigheid en de betrouwbaarheid niet te extraheren. Dit vormt een groot struikelblok voor de acceptatie van deze semi-automatische meetmethodes door landmeetkundigen. De integratie van deze methodiek in de gereedschapskist van de landmeter kan desalniettemin een groot voordeel bieden: een efficiëntere en nauwkeurige uitvoering van bepaalde opdrachten, zoals situatieschetsen en volume bepalingen. Verder kan deze techniek nieuwe markten aanboren, aangezien 3D-visualisatie en modellering in verschillende sectoren wint aan populariteit. En het opmeten van moeilijk bereikbare gebieden via fotogrammetrische verwerking mogelijk is, door middel van een onbemand vliegtuig of telescopische paal.

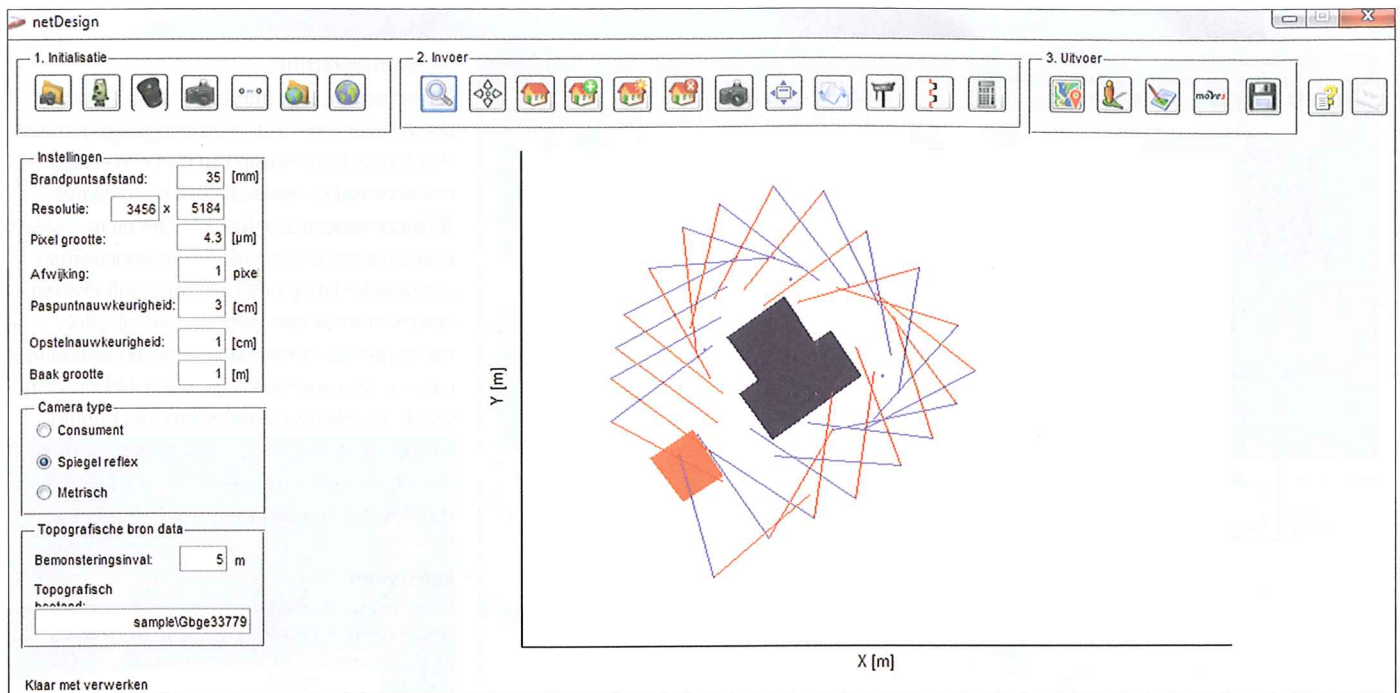
De hiervoor genoemde terughoudendheid van de landmeter over terrestrische fotogrammetrie is te verklaren door zijn werkfilosofie: opdrachten worden voorbereid door middel van een zorgvuldig uitgedacht meetontwerp. Dit is fundamenteel anders dan de ad hoc remote sensing aanpak, waarbij op grote

Van stereobeeld naar multiview

schaal op een willekeurige manier wordt gemeten, of eigenlijk bemonsterd. Beide kampen hoeven elkaar echter niet tegen te werken, een samensmelting is goed mogelijk. Zo goed zelfs dat beide strategieën niet gemakkelijk meer van elkaar te onderscheiden zijn, denk bijvoorbeeld aan PS inSAR [Hanssen, 2002]. Niettemin is het belangrijk om gestructureerd te werk te gaan om zo een optimaal product te verkrijgen. Het voordeel uit beide methodes komt naar voren wanneer een meetontwerp wordt gecombineerd met het gemak van foto's maken.



Figuur 1 - Orthomosaic van de gevel van kasteel Arenberg, campus Heverlee, KU Leuven.



Figuur 2 - Vormgeving van het verkenningsprogramma netDesign.

Om de brug te slaan naar een betere acceptatie van de verwerking van consumentenbeelden, wordt deze vergeleken met traditionele methodes. Meerdere studies hebben reeds de mogelijkheden en tekortkomingen van huidige methodes aangetoond, bijvoorbeeld [El-Hakim *et al.* 2003]. Het resulterende product is vergeleken met testpunten vanuit een totaalstation of een laserscan, maar een kwantitatieve uitspraak over het meetontwerp bleek moeilijk. Ook is

basis van het simulatieprogramma netDesign: de camera maakt een vertaalslag naar de theodoliet. De pixellocaties in het lichtgevoelige scherm worden omgevormd naar richtingen met bijhorende meetruis. Hiermee is het mogelijk om de statistische principes uit de "Delftse school" te introduceren en zo grip te krijgen op de haalbare nauwkeurigheden met deze elektronica.

Opzet

Voor een fotogrammetrische netwerkopbouw kunnen twee stromingen worden aangewezen. Ofwel probeert men analytisch een optimale configuratie te vinden door middel van het oplossen van een kostfunctie [Alsadik *et al.* 2013]. Ofwel kiest men een configuratie uit een verzameling van een groot aantal willekeurige configuraties, in de hoop op een toevalstreffer. De tekortkoming van deze benaderingen ligt in de eenzijdigheid ervan. Alleen de geometrische component wordt immers meegenomen in de kostfunctie, terwijl de kwaliteit van een ontwerp bestaat uit drie onafhankelijke variabelen: precisie, betrouwbaarheid én budget [Amiri Seemkooei, 2001]. De toevoeging van een economische variabele is reeds voorgesteld [Studinger, 1999], maar voor het nemen van extra foto's is vaak niet veel extra tijd of inspanning nodig.

Het samenspel van deze termen maakt het lastig om een functie te bepalen die zowel de complexe geometrische structuur van de omgeving als de camera specificaties en de opmeetconfiguratie beschrijft. Daarnaast is een computer minder geschikt voor het oplossen van globale problemen. Het inzicht van een ervaren landmeter resulteert wellicht in een betere meetopzet, vooral wat betreft de

aspecten betrouwbaarheid en budget. Daarom is de aanpak van netDesign gericht op de combinatie van zowel de intuïtie van de landmeter als de analytische capaciteit van de computer voor de kleinste kwadraten vereffening. Dit resulteert in een educatief programma, dat ook te gebruiken is als verkennend ontwerp.

Implementatie

Het programma kan shapefiles, simpele polygonen (zonder gaten) inladen, zoals topografische gegevens van het Vlaamse GRB of het Nederlandse GBKN. Eén of meerdere objecten (gebouwen) uit dat bestand kunnen worden geselecteerd voor de meetopzet. Om een beter idee te krijgen van de situatie, kan de omgeving van deze objecten bekeken worden in Google Streetview of Google Earth.

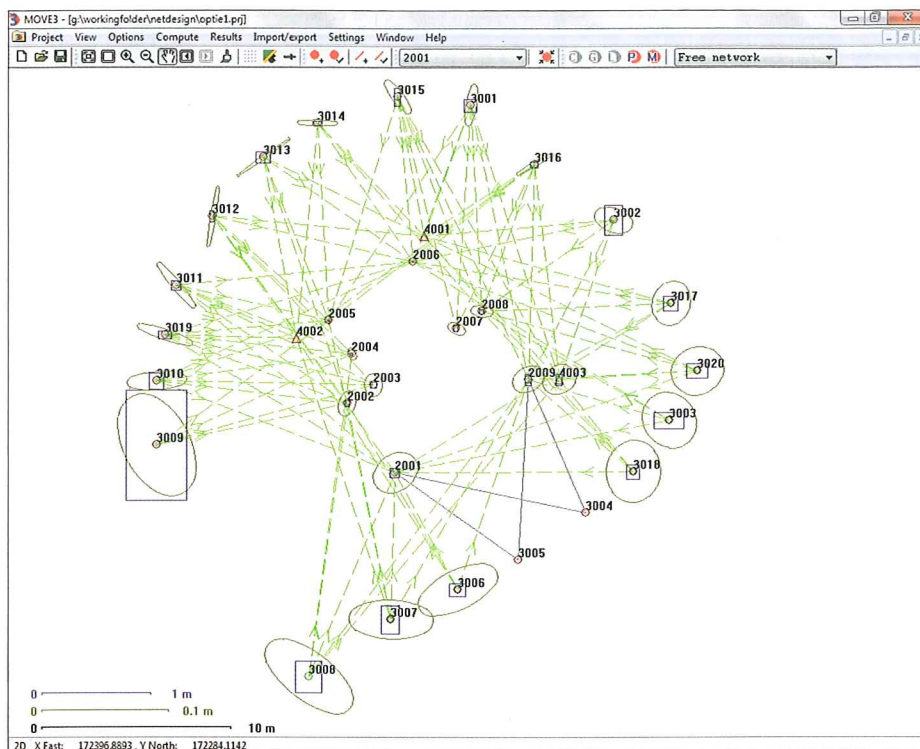
Zoektocht naar de beste meetopzet

het lastig om algemene vuistregels te extraheren uit dit soort studies. Voor een langvormig traject is dit wel mogelijk, door middel van de verhoudingen tussen object en camera, maar als het object een complexere vorm krijgt, is dit al snel niet meer toepasbaar.

Om een verduidelijking te geven over de aanpak van deze methodiek is er een analogie gemaakt met de theodoliet, een bekend instrument voor veel landmeters. Wiskundig gezien hebben beide instrumenten dezelfde grondslag, doordat eerst de standplaats wordt bepaald door achterwaartse insnijding, waarna de topografie kan worden gemeten door middel van voorwaartse insnijding. Deze aanpak is de

Fotogrammetrie voor de salongeodeet

Meerdere cameratypes zijn opgenomen in het programma: van populaire consumenten-camera's tot beeldvormende totaalstations. De positie van deze nieuwe totaalstations is al bekend en kunnen zo dus een voorwaartse insnijding simuleren. Het programma steunt op een cameradatabank met per cameratype de eigenschappen.



Figuur 3 - Verwerking van het meetontwerp binnen het vereffeningprogramma MOVE3.

Interactief kunnen rond het object dan camerastandplaatsen worden geplaatst. Automatisch zijn deze op het object gericht, maar indien gewenst kan de kijkrichting worden aangepast. Omdat sommige objecten niet zijn opgenomen in het geladen topografische bestand, is het mogelijk deze te muteren, te verwijderen of aan te brengen. Verder is het mogelijk om paspunten te plaatsen met een bijhorende nauwkeurigheid, of meetkundige referentieafstanden. Deze zijn nodig om de metingen vast te zetten in een coördinatenstelsel, omdat schaal en oriëntatie onbekenden zijn die niet opgelost kunnen worden met alleen hoekmetingen naar onbekende punten vanuit een theodoliet (of dus de vertaalde camerametingen).

Na het opstellen van het meetontwerp krijg je een idee van de netwerksterkte en kan het ontwerp worden geëxporteerd naar het vereffeningspakket Move3 [2]. Dit verwerkingspakket neemt het ontwerp over en laat toe mogelijke tekortkomingen op te sporen en een inschatting te maken van de foutenpropagatie.

Conclusie

Met deze simulatietool kunnen er dus binnen eenzelfde opstelling verschillende cameratypes getoetst worden of eenzelfde camera in verschillende configuraties. Dit geeft de mogelijkheid om de invloed van cameraresolutie, aantal camerastandplaatsen en configuratie van de opstelling te analyseren en zo inzicht te krijgen in de beïnvloedende factoren van terrestrische fotogrammetrie.

Een simulatie verschilt uiteraard van de werkelijkheid. De vertaalslag die gemaakt wordt in deze simulatie is eerder pessimistisch. Zo worden standaard alleen de hoekpunten van het object meegenomen in de vereffening voor de insnijdingen. Daarom is het ook mogelijk om meer herkenningspunten aan te brengen op het object en zo een realistischer beeld van de meting te construeren. Dit is echter een heikel punt daar het niet te voorspellen is hoeveel punten er automatisch herkend zullen worden. Dit aantal is namelijk sterk afhankelijk van de belichting en contrast van het object: glazen gevels zijn voor een computer hierdoor vrijwel nooit te herkennen tussen twee beelden. Verder wordt de oriëntatie momenteel uitsluitend berekend voor herkenningspunten op het object. Objecten die het zicht op het gebouw belemmeren kunnen echter ook gebruikt worden in de achterwaartse insnijding, waardoor een betere schatting van de oriëntatie mogelijk is.

Dit programma is in zijn beginfase en zal in de toekomst nog worden geoptimaliseerd door meerdere aspecten toe te voegen [3]. Zo is de precisie van de meting afhankelijk van het lensensysteem dat op de camera is gemonteerd. De kwaliteit van zulke calibraties zal nog worden onderzocht en met die relatie kan dan rekening worden gehouden in de vereffening. Ook is de kwaliteit van de geïntegreerde calibratie afhankelijk van de basislijn [Grossmann & Santos-Viktor, 2000].

Samenvatting

Terrestrische fotogrammetrie heeft de laatste jaren een enorme automatiseringsslag gemaakt. Hierdoor is het mogelijk om met een consumentencamera een kwalitatief hoogstaand 3D-reconstructie af te leveren. Om dit te kwantificeren is er een simulatieprogramma ontwikkeld dat op basis van topografische data een meetontwerp construeert en rekening houdt met de cameraparameters en de configuratie van de camerastandplaatsen. Het ontwerp wordt vervolgens geanalyseerd met behulp van een verwerkingspakket dat is gebaseerd op de "Delftse school" om zo de meetnauwkeurigheid van de resulterende puntenwolk te bepalen.

Referenties

Alsadik B., Gerke M., and Vosselman, G. 2013 *Automated camera network design for 3D modeling of cultural heritage objects*. Journal of Cultural Heritage, vol. 14(6), pp. 515 - 526.

Amiri Seemkooei, A. 2001 *Strategy for designing geodetic network with high reliability and geometrical strength*. Journal of Surveying Engineering, vol. 127(3), pp. 104 - 117.

El-Hakim, S.F., Beraldin, J.A., and Blais, F. 2003 *Critical factors and configurations for practical 3D image-based modeling*. 6th conference on 3D measurement techniques. Zurich, Switzerland, vol. 2, pp. 159-167.

Hanssen, R.F. 2002 *Geodetische toevalsnetwerken: Ontwikkelingen in deformatiemetingen met satelliet-radarinterferometrie en de permanent-scatterers-methode*. In: Bodemdaling meten in Nederland. Hoe precies moet het? Hoe moet het precies? Redactie: F.B.J. Barends, F. Kenselaar, F.H. Schröder. NCG Groene reekse vol. 39, pp.52 - 61.

Grossmann, E. and Santos-Viktor, J. 2000 *Uncertainty analysis of 3D reconstruction from uncalibrated views*. Image and vision computing, vol. 18, pp. 685-696.

Studinger, M. 1999 *A cost oriented approach to geodetic network optimisation*. PhD thesis Vienna University of Technology.

Vergauwen, M. and Van Gool, L. 2006 *Web-based 3d reconstruction service*, Machine vision and applications, vol. 17(6), pp. 411 - 426.

Links

¹ www.arc3d.be

² Een demo versie van Move3 is beschikbaar via de internetpagina van ingenieursbureau Grontmij (software.grontmij.nl). Deze demo versie heeft wel een begrenzing tot tien opstellingen.

³ Meer hierover is te lezen op de website, www.eavise.be/3d4sure/netdesign. Daarop staat ook de meest recente versie van netDesign.



Bas Altena is wetenschappelijk medewerker aan de KU Leuven@Thomas More, Faculteit Industriële Ingenieurswetenschappen, België. Hij behaalde zijn master Geomatics aan de Technische Universiteit Delft.